

## 3 Ausdauer und Grundlagen des Ausdauertrainings

### 3.1 Charakteristik der Ausdauer

Sportliche Ausdauerleistungen wurden bereits in der griechischen Antike bewundert. Gegenwärtig erleben sie eine Renaissance durch Triathlon und andere „ultimative“ Vielseitigkeitswettbewerbe. Das Spektrum dessen, was unter Ausdauerleistung alles verstanden wird, ist sehr breit und reicht entsprechend der Wettkampfdauer von Kurzeitenausdauerleistungen eines Sprinters über Langzeitausdauerleistungen eines Triathleten, bis hin zur Spieldauer eines Tennisspielers die über mehrere Stunden erbracht werden muss. Alle kämpfen auf unterschiedliche Art gegen eine aufkommende Ermüdung an.

#### **Definition:**

*Ausdauer wird als Ermüdungswiderstandsfähigkeit oder als Fähigkeit verstanden, die vorübergehende Verminderung der Leistungsfähigkeit bei anhaltender Tätigkeit möglichst lange hinauszuschieben sowie sich nach länger dauernden Belastungen schnell zu erholen.*

Nach Martin 1991, 172 stehen Ausdauerleistungen in engem Zusammenhang mit weiteren Einflussgrößen: Technikökonomie, Leistungsfähigkeit des Energiestoffwechsels und der Sauerstoffaufnahme, Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems, optimales Körpergewicht, Wille zum Durchhalten u.a. Neuere Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Ausdauer auch sehr stark durch die erblichen Voraussetzungen geprägt wird (Muskelfaserstruktur, spezifisches Körpergewicht, Willensqualitäten).

#### **Weiterführendes Wissen**

*Die durch Ausdauertraining provozierten Ermüdungen hängen ganz wesentlich vom Umfang (Dauer) sowie der Intensität (meist Geschwindigkeit) der Tätigkeit ab. Diese wirken sowohl peripher (auf das Muskelsystem) als auch zentral (auf das Zentralnervensystem). Obwohl immer alle Regulationssysteme beansprucht werden, können die Auslöser für die einsetzende Ermüdung entsprechend der individuell verschiedenen Voraussetzungen (Ressourcen) sehr unterschiedlich sein. So wie eine Kette am schwächsten Glied reißt, so wird jede Dauerleistung schließlich durch das am schwächsten ausgebildete Funktionssystem begrenzt. Auslöser für einsetzende Ermüdungen und damit auch für das Nachlassen der Dauerleistung können u.a. sein:*

- *Substratmangel (ATP, KrP, Glucose, freie Fettsäuren).. - „Der Akku ist leer!“*
- *Monotonie, psychische Sättigung (Hemmungsprozesse im ZNS). - „Ich kann nicht mehr!“*
- *Elektrolytverschiebung durch Verlust von Mineralien beim Schwitzen (Koordinationsprobleme und dadurch Absinken des Wirkungsgrads der Tätigkeit). - Der Laufstil wird „eckig“.*
- *Anstieg der Körperkerntemperatur durch unzureichende Wärmeabgabe besonders bei Fettleibigen (Adipösen) oder bei schwülwarmer Witterung mit der Folge des Absinkens der Leistungsfähigkeit des Stoffwechsels (hochrote Gesichtsfarbe, starke Schweißausbrüche).*

### 3.2 Zu einigen Einteilungskriterien der Ausdauer

Es gibt sehr unterschiedliche Gesichtspunkte nach denen man die Ausdauer einteilen kann:

- Je nach Arbeitsweise der Skelettmuskulatur unterscheidet man die dynamische Ausdauer und die statische Ausdauer. Bei der dynamischen Ausdauer erfolgt ein rhythmischer Wechsel von Anspannung und Entspannung. Beispiele für eine solche dynamische Arbeitsweise der Muskulatur bei Ausdauerbelastungen sind die zyklischen Sportarten, wie Rudern, Kanu, Schwimmen u.a. Bei der statischen Ausdauer hält eine Dauerspannung die Leistung aufrecht (Kreuzhang beim Turnen).
- Nach dem Umfang der beanspruchten Muskulatur unterscheidet man in der Trainingswissenschaft die lokale Ausdauer, bei der < 1/3 der gesamten Muskulatur des Menschen eingesetzt wird (z.B. Klimmzug), die regionale Ausdauer (1/3 bis 2/3 der beteiligten Muskulatur) wie beim Paddeln sowie die globale Ausdauer (> 2/3 der beteiligten Muskulatur) wie beim Schmetterlingsschwimmen. Die anaerobe Ausdauer unterteilt sich weiter in die alaktazid anaerobe Ausdauer (ohne Anstieg der Laktatkonzentration im Blut) wie z.B. beim Volleyballspiel und in die laktazid anaerobe Ausdauer (mit einem z.T. beträchtlichen Laktatanstieg) wie z.B. beim 400m Lauf.
- Nach der Art der Energiebereitstellung unterteilt man in aerobe und anaerobe Ausdauer. Bei der aeroben Ausdauer ist die Sauerstoffaufnahme größer oder gleich dem Sauerstoffverbrauch in der arbeitenden Muskulatur (10.000m-Lauf). Bei der anaeroben Ausdauer hingegen ist die Sauerstoffaufnahme kleiner als der Sauerstoffbedarf.

### 3.3 Zur Energiebereitstellung bei Ausdauerbelastungen

Für die Befriedigung des Energiebedarfs in der arbeitenden Muskulatur kommen im wesentlichen Kohlenhydrate (Glykogen innerhalb der Muskelzelle und Blutglukose) sowie Fettsäuren im Blut in Frage. Eiweiße werden lediglich bei überlangen Ausdauerbelastungen oder beim Fasten zur Befriedigung des Energiebedarfs der Muskulatur herangezogen und spielen damit im Breitensport kaum eine Rolle. Auf die Einzelheiten im Stoffwechselgeschehen soll hier nicht weiter eingegangen, sondern auf das Kapitel 3 „Sportmedizinische Grundlagen“ verwiesen werden.

Wichtig ist aber für alle Fragen der Belastungsgestaltung das Verständnis vom Mechanismus der Energiebereitstellung in Abhängigkeit von der Belastungsdauer (vgl. Abb. 7).

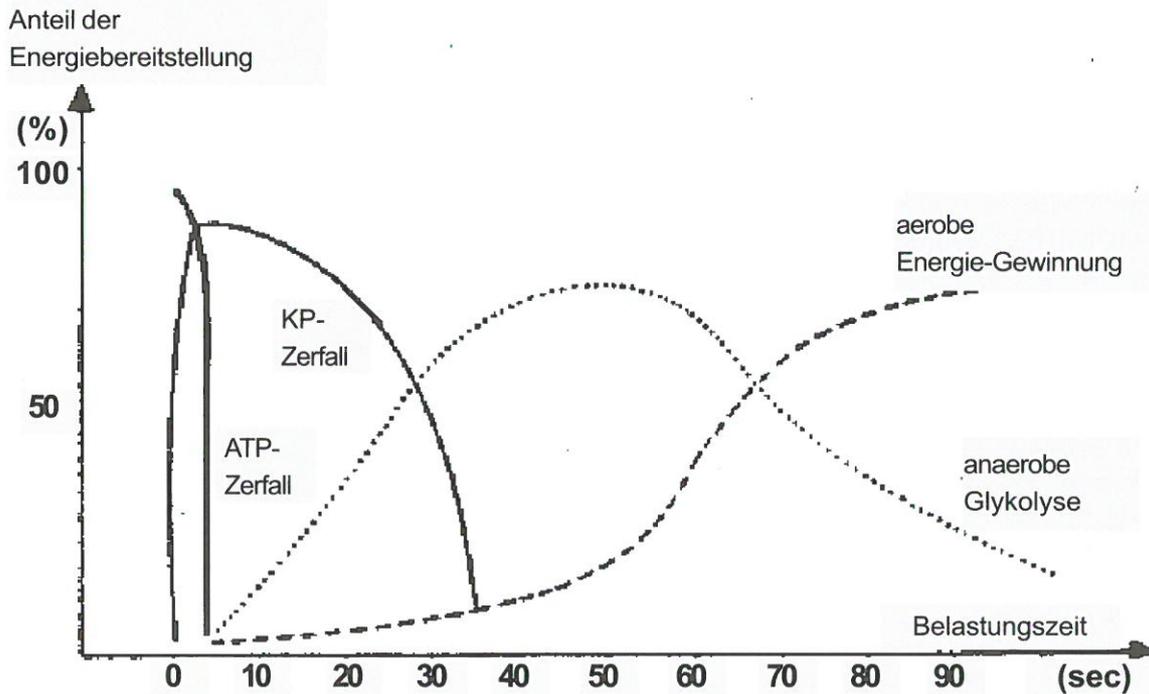


Abb. 7: Anteil der Energiebereitstellung in Abhängigkeit von der Belastungsdauer

**Beispiel:**

Auf den ersten Metern eines 10 km - Laufs wird der Energiebedarf anaerob durch das in der Muskelzelle in sehr begrenztem Umfang vorhandene ATP sowie das KrP befriedigt, danach für wenige hundert Meter durch die anaerobe Glykolyse. Nach und nach wird dann durch die Aktivierung von Atmung und Kreislauf die aerobe Energiegewinnung verstärkt, wobei zunächst besonders die Kohlenhydrate verbrannt werden. Je nach Lauftempo und Trainingszustand werden nach etwa 15 Minuten in ansteigendem Maße auch freie Fettsäuren in den Energiestoffwechsel einbezogen (bei geringem Lauftempo und bei verbessertem Leistungsstand werden eher und in höherem Maße Fettsäuren genutzt). In einem möglichen Endspurt wird dann die maximal mögliche anaerob-laktazide Stoffwechsellkapazität genutzt.

**Weiterführendes Wissen**

So hat jede Trainings- und Wettkampfbelastung (100m Lauf, Basketballspiel, Boxkampf, Turnübung u.a.) ihr eigenes Profil der Energiebereitstellung.

Von ebenso großer Bedeutung ist die Fähigkeit des Organismus, möglichst viel Sauerstoff aufzunehmen und zur Muskelzelle der arbeitenden Muskulatur zu transportieren. Spitzenwerte z.B. von Skilangläufern erreichen 80-85 ml/kg Körpergewicht und Minute. Die maximale Sauerstoffaufnahme gilt nach HOLLMANN (2000) als „Bruttokriterium der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit.“ Sie wird im Einzelnen von folgenden Funktionssystemen bestimmt: Kapazität der Lunge des Herzens und des Kreislaufs, Sauerstofftransportkapazität des Blutes, Sauerstoffausschöpfung im Muskelgewebe.

### 3.4 Arten der Ausdauer

#### Weiterführendes Wissen

In Anlehnung an die Wettkampfdauer werden nach NEUMANN 1984, 174 verschiedenen Arten der Ausdauer unterschieden. Diese reichen von der wenige Sekunden dauernden Ultrakurzzeitausdauer bis zur Langzeitausdauer über mehrere Stunden. Alle Ausdauerarten haben eine eigene Charakteristik in Bezug auf die leistungsbestimmenden Faktoren und energieliefernden Systeme. In der Tabelle 4 sind die wesentlichen Fakten zusammengetragen (vgl. PETERS 1980, NEUMANN 1984, 174). Ausdauerarten mit kürzerer Zeitdauer decken ihren Energiebedarf zunächst über den alaktazid anaeroben Stoffwechsel, mit fortschreitender Zeitdauer vorrangig über die anaerobe Glykolyse unter hauptsächlichlicher Nutzung der Kohlenhydrate. Die maximale Sauerstoffaufnahme sowie der Herzfrequenzen sind hoch. Es ergibt sich ein sehr hoher Energieverbrauch pro Zeiteinheit. Ausdruck der anaeroben Stoffwechsellaage sind die sehr hohen Laktatkonzentrationen im Blut.

Von der Mittelzeitausdauer zu den verschiedenen Langzeitausdauerbereichen wandelt sich das Bild. Bereits im Mittelzeitbereich erfolgt eine beträchtliche aerobe Energiewandlung. Die Glykogenvorräte erschöpfen sich in den Langzeitbereichen und die Fettverbrennung nimmt dementsprechend zu. Bei Spitzensportlern liegen die Herzfrequenzen im Langzeitbereich an der Dauerleistungsgrenze bei 170 Schl./min und die Sauerstoffaufnahme sinkt in den Langzeitbereichen von 95% im LZ-Bereich I auf 50-60% der maximalen Sauerstoffaufnahme im LZ-Bereich IV. Auch die Laktatkonzentrationen im Blut sinken mit der Abnahme anaerober Anteile an der Energiewandlung.

UKZ	SA	KZA	MZA	LZA I	LZA II	LZA III	LZA IV
<8sec	10-35sec	35sec-2min	2-10min	10-35min	35-90min	90-360min	>360min
<b>Leistungsbestimmende Funktions- und energieliefernde Systeme</b>							
- Motorik - Faserstruktur - KrP	- Motorik - Faserstruktur - KrP - anaerobe Glycolyse	- Motorik - anaerobe Glycolyse Laktatverträglichkeit	- anaerobe Glycolyse - aerobe ATP-Gewinnung (Glucose) - HKr-System Laktatverträglichkeit			- aerober Stoffwechsel - Bereitstellung von Glukose und zunehmen von freien Fettsäuren - Herz-Kreislaufsystem - Thermoregulation - Willensqualitäten	
<b>Herzfrequenz (Schläge/min)</b>							
		185-200 100	190-210 95-100	180-190 90-95	175-190 80-95	150-180 60-90	120-170 50-60
<b>Sauerstoffaufnahme (%)</b>							
<b>Anteile der Energieumwandlung aerob/anaerob (%)</b>							
<b>Energieverbrauch (kJ/min)</b>							
		20/80 250	60/40 190	70/30 120	80/20 105	95/05 80	90/(1) 75
<b>Freie Fettsäuren /Laktatkonzentration im Blut (mmol/l)</b>							
		0,5/18	0,5/20	0,8/14	1,0/8	2,0/4	2,5/2
<b>Glykogenabbau (%)</b>							
		10	30	40	60	80	95

Tabelle 4: Die Arten der Ausdauer mit typischen Leistungen verschiedener Funktionssysteme  
UKZ (Ultrakurzzeitausdauer); SA (Schnelligkeitsausdauer); KZA (Kurzzeitausdauer); MZA (Mittelzeitausdauer); LZA (Langzeitausdauer)

### 3.5 Zur Diagnostik der Ausdauer

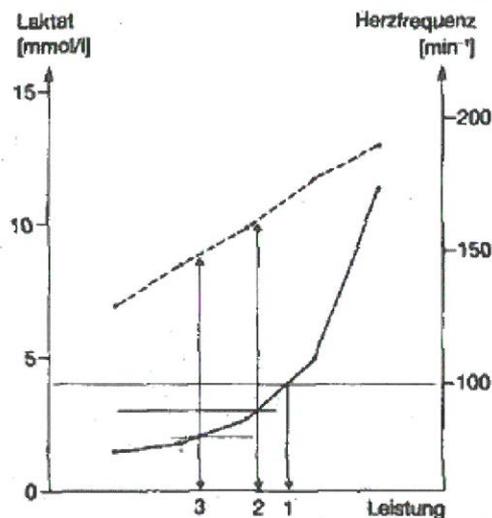
Die Ausdauerleistungsfähigkeit wird sowohl im Labor als auch unter realen Bedingungen auf der Laufbahn getestet. Für den Breitensport kommen aufwendige Labortests jedoch kaum in Frage.

Besondere Bedeutung für Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit hat die Herzschlagfrequenz. Sie ist auch im Breitensport jedem Sportler und Trainer leicht zugänglich. So genannte „Pulsuhren“ sind heute preiswert zu kaufen. Sie messen die Herzschlagfrequenz fortlaufend über einen Brustgurt durch einen Sensor, übertragen ihn per Funk auf eine Armbanduhr, wo sie abgelesen und gespeichert werden kann.

**Weiterführendes Wissen**

Im Labor benutzt man so genannte Ergometer (Leistungsmesser). Sie erlauben unter standardisierten Bedingungen den individuellen Vergleich zwischen verschiedenen Sportlern. In der Regel kommen Fahrradergometer oder Laufbänder zum Einsatz, bei denen man die Belastung über die Geschwindigkeit und den Tretwiderstand exakt regulieren kann. Dabei werden sogenannte Stufentests absolviert, bei denen man auf einer bestimmten Watt- oder Geschwindigkeitsstufe über eine gewisse Zeit eine definierte Leistung erbringt. Am Ende jeder Stufe werden spirometrische Messungen (Atemgasanalyse) sowie Laktatmessungen durchgeführt. Danach kann die maximale Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub>max) ermittelt werden, sowie der charakteristische Laktatanstieg bei Erhöhung der Wattstufen.

Abb.8:  
Herzfrequenzverhalten  
und Laktatleistungskurve  
bei einem Stufentest



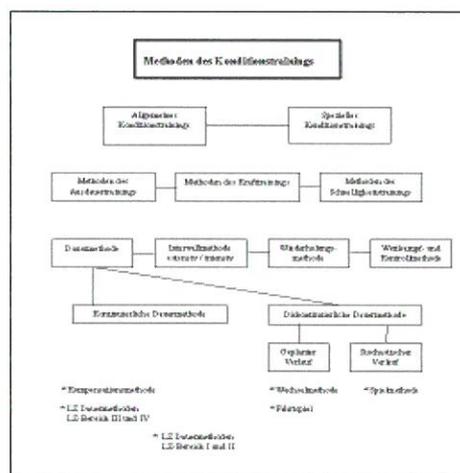
Ein häufig eingesetzter Test mit Vergleichswerten in allen Altersklassen und für die Eignung in vielen Sportarten ist der Coopertest. Er besteht aus einem Lauftest über 12 Minuten mit möglichst hoher gleichmäßiger Laufgeschwindigkeit. Als Testwert dient die zurückgelegte Strecke.

**3.6 Methoden des Ausdauertrainings**

Das Ausdauertraining wird über alle Komponenten der Belastungsgestaltung gesteuert. Die wesentliche Steuergröße ist neben dem Belastungsumfang (der ja durch die Art der Ausdauer KZA, MZA, LZA in Grenzen vorgegeben ist) die Intensität (Geschwindigkeit) der Fortbewegung.

In der Trainingspraxis sind daher folgende Haupttrainingmethoden gebräuchlich (vgl. Abb. 9):

Abb.9:  
Methoden des Konditionstrainings  
HIRTZ / NIEBER 1996



Die kontinuierliche Dauermethode wird vor allem bei Mittel- und besonders bei Langzeitausdauerbelastungen eingesetzt. Sie dient der Entwicklung der Grundlagenausdauer.

- Es wird eine bestimmte Strecke mit einer festgelegten Intensität (Geschwindigkeit oder Zeitdauer für eine Distanz) zurückgelegt.
- Für die Intensität können verschiedene Bereiche festgelegt (Martin 1991)3:
- **Grenzbereich:** An der anaeroben Schwelle mit ca. 3-4 mmol/l Laktatkonzentration und 97% der HF nach dem Conconi-Testwert.
- **Entwicklungsbereich:** Optimale Entwicklung der aeroben Leistungsfähigkeit an der aeroben Schwelle mit Laktatkonzentrationen von 2-2,5 mmol/l und 92% der HF nach dem Conconi-Testwert.
- **Stabilisierungsbereich:** Stabilisierung der aeroben Leistungsfähigkeit mit Laktatkonzentrationen von knapp 2 mmol/l und 85% der HF nach dem Conconi-Testwert.
- **Regenerationsbereich:** Erheblich unter der aeroben Schwelle, 75-80% der HF nach dem Conconi-Testwert.

Die diskontinuierlichen Dauermethoden enthalten Belastungen mit wechselnder Intensität ins besondere zwischen aerober und anaerober Stoffwechsellage. Das kann sowohl geplant (Wechselmethode mit festgelegten höheren und niedrigeren Fortbewegungsgeschwindigkeiten; Fahrtspiel durch Lauf in unterschied-

lich gestaltetem Gelände) oder ungeplant wie bei der Spielmethode (mehrstündiges Tennismatch) erfolgen.

Die Intervallmethode dient in erster Linie der Entwicklung von Schnelligkeitsausdauer-, Kurz- und Mittelzeitausdauerleistungen (100m Kraulschwimmen, 400m Lauf, 200m Kanu u.a.). Es besteht aus einem planvollen Wechsel von Belastungs- und Erholungsphasen. Steuerungsmöglichkeiten ergeben sich über:

- die Wahl der Teilstreckenlänge,
- die Wahl der Fortbewegungsgeschwindigkeit (Zeitvorgabe),
- die Anzahl der einzelnen Wiederholungen und Serien,
- die Länge der Pause (Belastungsdichte)
- die Art der Pausengestaltung (aktiv/passiv).

Die beiden letzten Punkte sind bei der Gestaltung des Intervalltrainings von besonderer Bedeutung. Richtwerte können sein: Aktive Pausen von ca. 3min Dauer mit HF von 120-130 Schläge/min vor dem neuen Intervall.

Intervallmethoden unterscheiden sich in intensive und extensive Intervallmethoden.

Durch intensive Intervallmethoden entwickeln sich vorrangig die anaeroben Kapazitäten. Extensive Intervallmethoden verbessern die Ausdauerleistungsfähigkeit bei Fortbewegungsgeschwindigkeiten an der anaeroben Schwelle. Sie stellen höchste psychische Anforderungen (Willensqualitäten)!

**Beispiel:**

*3-8 mal 200m Lauf mit submaximaler bis maximaler Geschwindigkeit, 3min aktive Pause. Lange Wiederherstellungsdauer nach Trainingseinheiten mit Intervallbelastungen beachten!*

Die Wiederholungsmethode enthält Ausdaueranforderungen im Schnelligkeits-, Kurzzeit- und Mittelzeitausdauerbereich mit maximaler Fortbewegungsgeschwindigkeit. Gewöhnlich wird sie in einer Distanz unterhalb der Wettkampfstrecke absolviert (Unterdistanztraining). Es ist darauf zu achten, dass der Organismus soweit wieder hergestellt ist, dass er die Wiederholung der Belastung mit gleicher Fortbewegungsgeschwindigkeit realisieren kann.

Die Wettkampf- und Kontrollmethode dient der Überprüfung der maximalen Leistungsfähigkeit unter Test- oder Wettkampfbedingungen. Die Ausdauerleistung muss hierbei unter höchstem psychischen Druck (Gegner, Taktik u.a.) erbracht werden. Dabei können Trainingswettkämpfe unter, entsprechend und über der eigentlichen Wettkampfstrecke absolviert werden. Außerdem kann die Wettkampfstrecke in Teilstrecken aufgliedert und mit "überhoher" Fortbewegungsgeschwindigkeit sowie kurzen Pausen bewältigt werden.

Wesentlich für die Gestaltung jedes Ausdauertrainings, insbesondere im Breitensport ist:

- abwechslungsreicher Einsatz unterschiedlicher Trainingsmittel (Laufen, Schwimmen, Skaten, Paddeln, Rudern, Eis- und Skillauf, Walken, Spielen u.a.);
- variabler und systematischer Einsatz der unterschiedlichen Methoden des Ausdauertrainings;
- behutsame Steigerung der Belastung bei Ausdauerübungen;
- individuelle Dosierung der Belastung.

**Kontrollfragen:**

1. Was versteht man im Sport unter Ausdauer?
2. Welche Einteilungskriterien der Ausdauer kennen Sie?
3. In welchen Zeitbereiche teilt man die verschiedenen Ausdauerarten ein und welche Funktionssysteme bestimmen sie?

## 4 Kraft und Grundlagen des Krafttrainings

### 4.1 Charakteristik und Bedeutung der Kraftfähigkeit

Sportliche Leistungen benötigen in der Regel ein bestimmtes Maß und eine bestimmte Art von Kraft. In Abgrenzung zum physikalischen Begriff der Kraft ( $F = m \cdot a$ ; Kraft (F), Masse (m), Beschleunigung (a)) wird die Kraftfähigkeit in der Sportwissenschaft als energetische Leistungsvoraussetzung gekennzeichnet.

#### Definition

*Kraftfähigkeit ist die energetische Leistungsvoraussetzung des Muskels zur Überwindung von Widerständen oder ihrem Entgegenwirken*

*Kraftfähigkeit wird zur Bewältigung von Alltagsanforderungen ebenso benötigt wie zur Vorbeugung von Haltungsschwächen oder Haltungsschäden und natürlich zur Erreichung sportlicher Leistungen und zur Realisierung des entsprechenden sportlichen Trainings.*

#### Weiterführendes Wissen

*Da sämtliche Organe des Körpers gewissermaßen im Dienste der Muskeltätigkeit stehen, kann die Gesundheitsrelevanz der Kraftfähigkeit und ihrer Ausprägung nicht hoch genug eingeschätzt werden. Im Bereich des Gesundheits- und Freizeitsports wird auf den Erhalt und die Verbesserung der allgemeinen Kraftfähigkeit durch ein vielseitiges Krafttraining orientiert, während im stärker leistungsorientierten Sport die Ausprägung leistungsbestimmender, sportartspezifischer Kraftfähigkeiten, auch zur Verbesserung der Belastungsverträglichkeit, im Mittelpunkt steht.*

#### Arbeitsweisen und Kontraktionsformen der Muskeln

Voraussetzung für Dimensionsbildungen der Kraftfähigkeit sind Erkenntnisse zu den Arbeitsweisen und Kontraktionsformen der Muskeln, die bereits ausführlich im Kapitel 3 (Sportmedizinische Grundlagen) abgehandelt wurden. In der folgenden Übersicht werden sie noch einmal kurz zusammenfassend dargestellt.

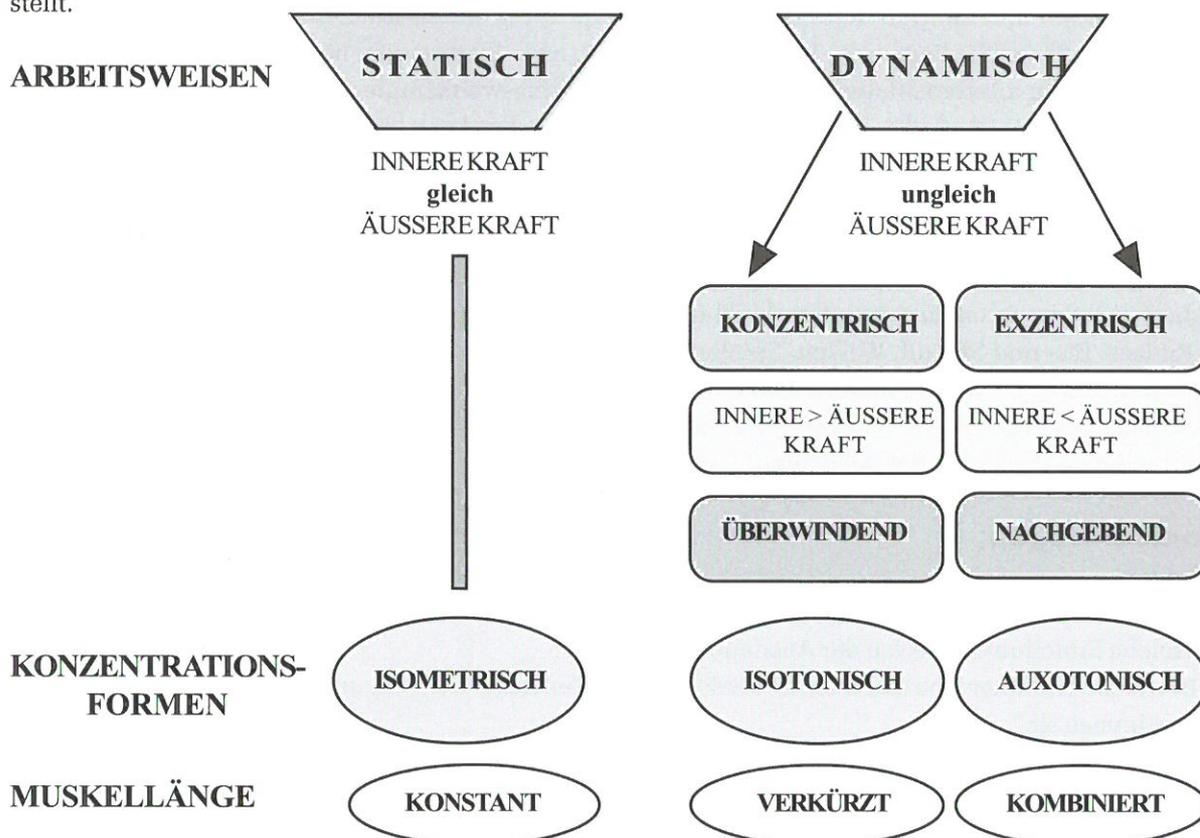


Abb. 10: Arbeitsweisen und Kontraktionsformen der Muskeln